



Universidad
Zaragoza

Proyecto Fin de Carrera

Implementación y Desarrollo de un Sistema de Localización en Interiores mediante RFID

Alexandra Ruber Royo

Director: Miguel Ángel Agustín Berné

Ponente: Antonio Valdovinos Bardají

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Universidad de Zaragoza
Curso 2012-2013

RESUMEN

Este proyecto de fin de carrera ha sido realizado en la empresa “A&T Ingeniería de Telecomunicaciones”. Se trata de una empresa ubicada en el centro de Zaragoza que se dedica al sector de las telecomunicaciones y a la integración de sistemas domóticos.

La tecnología de Identificación por Radiofrecuencia RFID (RadioFrequency Identification) es, sin duda, una de las tecnologías de comunicación que ha experimentado un crecimiento más acelerado y sostenido en los últimos tiempos. Las posibilidades que ofrece la lectura a distancia de la información contenida en una etiqueta, sin necesidad de contacto físico, junto con la capacidad para realizar múltiples lecturas (y en su caso, escrituras) simultáneamente, abre la puerta a un conjunto muy extenso de aplicaciones en una gran variedad de ámbitos, desde la trazabilidad y control de inventario, hasta la localización y seguimiento de personas y bienes, o la seguridad en el control de accesos.

Por todo ello no hay duda de que se trata de una tecnología muy prometedora que puede aportar sustanciales ventajas en muchos ámbitos de aplicación. El interés de las empresas por este tema está aumentando paulatinamente. Entre ellas, “A&T Ingeniería de Telecomunicaciones” ha decidido introducirse de pleno y realizar un proyecto ambicioso de localización en interiores mediante RFID.

El objeto principal de este proyecto es el desarrollo e implementación de un sistema de localización e identificación basado en la tecnología RFID con el fin de mejorar la seguridad en un centro de educación infantil.

En particular se ha llevado a cabo un análisis de las diferentes tecnologías para la identificación y transmisión de los datos en interiores como RFID, WIFI, etc. teniendo en cuenta las ventajas e inconvenientes de cada una y, posteriormente, un estudio del estado del arte de los dispositivos de localización basados en RFID.

El siguiente paso ha sido la realización del diseño de la arquitectura de red necesaria para el sistema de localización basada en una relación TCP cliente-servidor. Para ello, se sitúan localizadores en aquellos puntos que se desea registrar. Cada alumno lleva un tag activo que periódicamente envía una señal al receptor, el sistema conoce la localización de cada persona dependiendo del nivel de potencia recibida por el lector.

Por último, se realiza el desarrollo e implementación de una aplicación que procesa todos los datos captados por los lectores y los traduce de manera gráfica sobre un mapa del recinto con el fin de que el personal del centro sea capaz de ubicar de un solo vistazo a los alumnos. Esta aplicación posee diversos apartados en los que el personal autorizado puede gestionar los datos personales de los alumnos, conocer cuáles han sido sus últimos movimientos por las distintas aulas y reaccionar con prontitud ante algún tipo de incidencia

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Plano del Centro de Educación Infantil.....	5
Figura 2: Componentes del Sistema RFID.....	11
Figura 3: Ventajas y Desventajas de RFID Activa	13
Figura 4: Comparativa entre Etiquetas Activas y Pasivas	13
Figura 5: Bandas Frecuenciales.....	16
Figura 6: Espectro Frecuencial	17
Figura 7: Comparación de las Características según la Frecuencia utilizada.....	18
Figura 8: Arquitectura De Red Del Sistema.....	20
Figura 9: Posibles Configuraciones del Lector.....	21
Figura 10: Análisis de Trama de una Conexión Cliente-Servidor.....	22
Figura 11: Diagrama de Flujo del Sistema.....	24
Figura 12: Flujo de la Información.....	25
Figura 13: Menú desplegable para acceder a las 3 áreas.....	28
Figura 14: Página de Acceso a la herramienta en cada una de las áreas.....	29
Figura 15: Entrada a la Aplicación.....	29
Figura 16: Introducir contraseña para acceder a la aplicación.....	30
Figura 17: Menús del área ‘Dirección’.....	30
Figura 18: Menús de las otras dos zonas.....	31
Figura 19: MAPA (Ver el mapa completo del centro).....	31
Figura 20: SEGUIMIENTO (Ver los últimos movimientos de un alumno).....	32
Figura 21: Ver los últimos movimientos de un alumno al acceder a ‘SEGUIMIENTO’ desde ‘MAPA’	32
Figura 22: FICHAS (Acceso al sistema de fichas).....	33
Figura 23: Ficha para introducir los datos de un nuevo alumno.....	33
Figura 24: Buscar datos de un alumno introduciendo su nombre, apellidos o número de pulsera.....	34
Figura 25: Ver todas las fichas del alumnado del centro.....	34
Figura 26: Ver datos de un alumno seleccionado en ‘MAPA’.....	35
Figura 27: Acceso a Videocámaras	35
Figura 28: Ver lista de asignación de pulseras a alumnos.....	36
Figura 29: Historial de incidencias.....	36
Figura 30: Aplicación DEMO	39
Figura 31: Aplicación DEMO parada.....	39

INDICE

RESUMEN	1
INDICE DE FIGURAS	2
I. INTRODUCCION	4
1.1.Objetivos y alcance del proyecto	4
1.2.Descripción del edificio y necesidades	4
II. ESTADO DEL ARTE (sistemas de control de errantes)	6
2.1.Antecedentes – Sistemas de localización en tiempo real (RTLS)	6
2.2.Control de errantes mediante WIFI	8
III. ELECCIÓN DE MATERIALES	10
3.1. Introducción	10
3.2. Etiqueta o transpondedor	12
3.3. Lector RFID o transceptor	14
3.4. Controlador	16
3.5. Elección de la Banda frecuencial	16
IV. SOLUCIÓN ADOPTADA: RFID	19
4.1. Justificación de la solución	19
4.1.1. Justificación de la tecnología empleada	19
4.1.2. Justificación del procedimiento empleado	21
4.1.3. Justificación de la implementación	23
4.2. Desarrollo del software	23
4.2.1. Adquisición y tratamiento de los datos recibidos por la antena	24
4.2.2. Creación de las bases de datos	27
4.2.3. Diseño de la aplicación	27
4.3.Validación del Software	36
4.3.1. Pruebas de la Aplicación	36
4.3.2. Pruebas de la Adquisición de los Datos	37
V. CONCLUSIONES	43
 ANEXOS	
ANEXO I: Lista de acrónimos	45
ANEXO II: Presupuesto Final	46
ANEXO III: Comparativa de Presupuestos RFID Y WI-FI	47
ANEXO IV: Hoja de Características de la pulsera y el lector RFID	50
ANEXO V: Configuración en modo TCP Cliente con el programa del CD.	51
ANEXO VI: Características de las Aplicaciones que vienen incluidas en el CD	54
 BIBLIOGRAFÍA	 59

1 INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO

El asunto que nos trata es la realización de un proyecto que, mediante un sistema de localización en interiores, cubra las necesidades de seguridad y control de un centro de educación infantil.

El objeto de este proyecto se puede dividir en dos apartados:

- Desarrollar una aplicación de localización en interiores en tiempo real que monitorice los desplazamientos de los alumnos.
- Implementar un sistema de alarmas que se encargue de avisar al personal correspondiente del momento exacto en el que un alumno entra a una zona en la que no debería estar o sale del edificio a una hora distinta de la de salida.

Para alcanzar estos objetivos la metodología planteada es la siguiente:

1. Análisis de las diferentes tecnologías para la identificación y transmisión de los datos como RFID, WIFI, etc.
2. Análisis del estado del arte de dispositivos de localización basado en la tecnología seleccionada.
3. Diseño de la arquitectura de red para el sistema de localización.
4. Implementación y desarrollo de un software que capture los datos de los dispositivos y efectúe el tratamiento de los mismos.
5. Desarrollo de una aplicación que muestre por pantalla la ubicación de los alumnos en tiempo real, que gestione sus datos personales y que permita al personal autorizado reaccionar con prontitud y eficacia ante una emergencia.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO Y NECESIDADES

El recinto es un centro escolar de educación infantil que consta de una planta con una superficie de unos 150 m².

El recinto se distribuye de la siguiente manera:

- Un acceso desde el exterior a través de la entrada principal.
- 5 aulas escolares:
 - 1 aula de Bebés.

- 1 aula de 1 a 1,5 años.
- 1 aula de 1,5 a 2 años.
- 2 aulas de 2 a 3 años.
- Un Patio exterior, sin acceso desde la calle.
- Aseos.
- Zona restringida para los alumnos compuesta por la cocina, la despensa y los vestuarios.



Figura 1: Plano del Centro de Educación Infantil

En esta situación de contemplan las siguientes necesidades:

- Controlar el acceso de los alumnos guardando la información de las horas de entrada y de salida.
- Conocer la zona en la que se encuentran los menores con precisión suficiente.
- Comprobar que el número de estudiantes en cada aula es el adecuado.
- Tener un sistema de fichas con los datos de contacto de los tutores en el que se vea con facilidad la existencia de incidencias del tipo baja por enfermedad o alergias.
- Un sistema automatizado de alarmas que avisen al personal docente de una situación de emergencia.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 ANTECEDENTES: Sistemas de localización en tiempo real (RTLS)

Los sistemas de localización RTLS (Real Time Location System) constituyen uno de los campos más prometedores en el ámbito de la computación móvil. Son sistemas completamente automáticos que monitorizan con una determinada frecuencia la posición de un elemento móvil. Permiten desarrollar innumerables aplicaciones basadas en el posicionamiento de objetos o personas en tiempo real.

Los sistemas de posicionamiento más comunes basados en satélites (GPS o Galileo) o en redes de telefonía móvil son adecuados para entornos exteriores con visión directa, sin embargo, cuando estos sistemas se usan en el interior de edificios, presentan muchos problemas debido a la atenuación de las señales recibidas y los multitrayectos provocados por los fenómenos de reflexión, difracción y dispersión (scattering).

El fracaso de los sistemas GPS en la localización dentro de un edificio de manera adecuada ha llevado a la realización a un intenso estudio e investigación durante los últimos años.

A continuación se van a mostrar distintos tipos de sistemas de localización y cuáles son las ventajas y desventajas de usarlos para la localización en interiores:

2.1.1 RFID (RadioFrequency Identification)

Se utilizan para la localización específica de una persona u objeto usando una etiqueta o tag. Actualmente están muy desarrolladas las aplicaciones que se dedican al control de accesos o a conocer si cierto recurso o persona ha pasado cerca de un lector RFID (normalmente situado en una puerta)



Está probada la eficacia de utilizar RFID. Por ejemplo se ha implantado con éxito la utilización de tarjetas que incorporan esta tecnología para validar los viajes en los autobuses y en el tranvía de Zaragoza.

No necesita línea de visión directa con la etiqueta (al contrario que los infrarrojos y los ultrasonidos), son más baratos que UWB y más rápidos de leer. Como contrapartida, el alto coste y el nivel de precisión, que no es muy bueno debido al elevado tiempo de latencia que necesitan y su cobertura limitada. Pero esto se puede solucionar utilizando etiquetas activas en vez de pasivas.

2.1.2 Bluetooth

Es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN) que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2,4 GHz. Su gran ventaja es que existen ya muchos dispositivos que tienen implementada esta tecnología.



El radio limitado al que permite comunicarse y la limitación del número máximo de dispositivos simultáneos que puede haber conectados hace que no sea recomendable implementar un sistema RTLS con esta tecnología.

2.1.3 WI-FI

Wi-Fi es el estándar para redes inalámbricas más implantado a nivel mundial, siendo el coste reducido de sus dispositivos y sus buenas prestaciones las razones principales de ello.



La utilización de Wi-Fi para sistemas RTLS es una opción válida, teniendo como ventaja extra el aprovechamiento de las infraestructuras Wi-Fi existentes. Esto repercute en una reducción significativa de los costes. Presenta muy buen equilibrio entre precisión, costes, nivel de integración y calidad de servicio.

2.1.4 Zigbee

Zigbee es una tecnología inalámbrica de corto alcance y bajo consumo basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (Wireless Personal Area Network, WPAN).

Se definió como solución inalámbrica de baja capacidad para aplicaciones de redes wireless en el sector industrial que requieran comunicaciones seguras y fiables, con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías



2.1.5 UWB (Ultra Wide Band)

UWB es una tecnología en el rango de las PAN (Personal Area Network). Las transmisiones UWB generan pulsos aislados de corta duración que ocupan un amplio rango de frecuencias (gran ancho de banda). Utiliza principalmente la información del retardo temporal como métrica de localización.



Esta tecnología ha sido introducida recientemente en sistemas RTLS, logrando incluso mejores precisiones que otras tecnologías. Sin embargo, al no tener un estándar totalmente definido, requerir de tecnología propietaria, su corto alcance y su reducida expansión actual, hace que se convierta en una tecnología no viable para todos los escenarios en que se plantea la instalación de un sistema RTLS.

2.1.6 Infrarrojos (IR).

Fue la primera tecnología empleada para el desarrollo de sistemas de localización en interiores. Se trata más bien de sistemas de detección o de proximidad, más que de localización, ya que la posición del elemento etiquetado con el tag de infrarrojos o IR se infiere de la posición fija y conocida de los receptores que lo detectan.

La principal limitación de esta alternativa tecnológica es que la radiación IR no atraviesa los cuerpos, dado el rango de frecuencias en el que opera, por lo que se debe realizar un mayor desembolso económico en infraestructuras para asegurar la detección zonal.



2.1.7 UltraSound

Son Sistemas basados en la utilización de nodos emisores y receptores de ultrasonidos que utilizan principalmente el tiempo de vuelo entre ondas ultrasónicas como métrica de localización para determinar la localización del usuario.



Los ultrasonidos se han convertido en una alternativa dentro del mercado RTLS debido a que proporcionan una alta precisión, pero debido a su baja cobertura y a la necesidad de desarrollar una infraestructura propia con un elevado número de nodos fijos en el entorno, puesto que es necesario garantizar una línea de visión directa entre los dispositivos, sus costes resultan muy elevados.

Entre todas estas tecnologías vamos a analizar más detenidamente las dos que consideramos más adecuadas a nuestras necesidades: RFID y WIFI.

2.2 CONTROL DE ERRANTES MEDIANTE WIFI

Realizar el proyecto con esta tecnología nos parecía muy buena idea a priori, ya que las redes Wi-Fi cada vez son más comunes en nuestra sociedad, con lo que el coste de implementación se reduce considerablemente. Además sería un proyecto totalmente exportable a cualquier otro tipo de necesidad de localización por ejemplo en universidades, centros comerciales, etc.

Por todo ello decidimos ponernos en contacto con las empresas españolas que distribuyen el producto con la idea de adquirir una pulsera y un controlador para poder hacer pruebas en la oficina y basándonos en ellas decidir si era la solución adecuada para nuestro proyecto.

El problema que nos surgió fue que unos distribuidores se encargan de hacer un estudio de comunicaciones para cada situación e instalarte todo el sistema. Lo que no nos deja la más mínima opción de realizar nosotros las aplicaciones necesarias para capturar datos ni para visualizarlos. Y otros de los distribuidores nos pedían un precio mucho más caro que para hacer el proyecto con RFID (ver anexo 2).

Con lo que las conclusiones que obtuvimos fueron que hacer un sistema de localización en interiores mediante WIFI es mucho más caro que el RFID por dos motivos principales: Es una tecnología que no está tan extendida para este tipo de aplicaciones como RFID y por otro lado debido a que hay muchos menos distribuidores y por lo tanto menos opciones para nosotros.

A partir de este punto decidimos que finalmente la mejor tecnología que podíamos utilizar en relación calidad precio es RFID y en los siguientes apartados vamos a centrarnos en hacer un estudio extenso de esta tecnología y en elegir dentro de todas las posibilidades que nos ofrece aquellos componentes que mejor se adecuan a nuestro proyecto.

3 ELECCIÓN DE MATERIALES

3.1 INTRODUCCIÓN

La tecnología de Identificación por Radiofrecuencia RFID (RadioFrequency Identification) es, sin duda, una de las tecnologías de comunicación que ha experimentado un crecimiento más acelerado y sostenido en los últimos tiempos.

RFID se basa en un concepto similar al del sistema de código de barras; la principal diferencia entre ambos reside en que el código de barras utiliza señales ópticas para transmitir los datos entre la etiqueta y el lector, y RFID, en cambio, emplea señales de radiofrecuencia.

Son muchos los sectores de la economía que se pueden beneficiar de las principales ventajas que ofrece esta tecnología, a saber:

- Posibilidad de almacenar un volumen importante de información en etiquetas de tamaño reducido.
- Posibilidad de actualizar en tiempo real la información de esas etiquetas.
- Posibilidad de leer la información de forma remota y de leer múltiples etiquetas de forma casi simultánea.
- Posibilidad de localizar el entorno inmediato donde se encuentra ubicada una determinada etiqueta.

Uno de los aspectos que ha supuesto (y está suponiendo) uno de los mayores problemas para la implantación de sistemas basados en RFID es la seguridad.

Los 3 componentes básicos de un sistema RFID son: La etiqueta, un lector y un controlador

- **La etiqueta o tag** (transpondedor): Está compuesto por un chip de silicio semiconductor, una antena y, si es un dispositivo activo, una batería. Está unido al sujeto que se quiere identificar.
- **El lector** (receptor): Está formado por una antena, un módulo de radiofrecuencia y un controlador del módulo.
- **El controlador** (normalmente un ordenador): Procesa los resultados del lector mediante un software

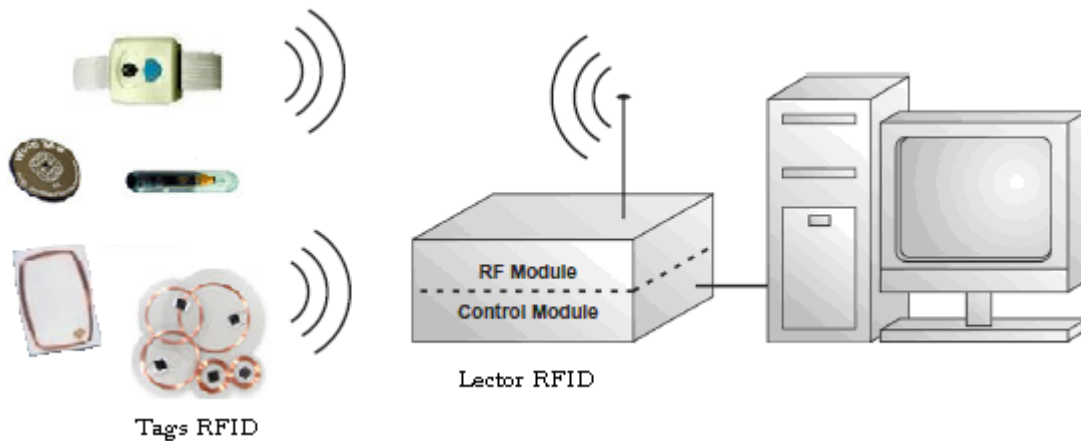


Figura 2: Componentes del Sistema RFID

La etiqueta y el lector se transmiten la información mediante ondas de radiofrecuencia, logrando así un intercambio de la información contenida en la etiqueta

Cuando una etiqueta entra en la zona de lectura de un receptor, este transmite una señal con la identificación de la posición del tag al controlador.

Es posible realizar lecturas simultáneas. El chip almacena un número de identificación distinto para cada objeto.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA RFID:

1. Se equipa a todos los objetos a identificar, controlar o seguir, con una etiqueta RFID.
2. La antena del lector o interrogador emite un campo de radiofrecuencia que activa las etiquetas.
3. Cuando una etiqueta ingresa en dicho campo utiliza la energía y la referencia temporal recibidas para realizar la transmisión de los datos almacenados en su memoria. En el caso de etiquetas activas la energía necesaria para la transmisión proviene de la batería de la propia etiqueta.
4. El lector recibe los datos y los envía al ordenador de control para su procesamiento.

INTERFACES DE COMUNICACIÓN:

- Interfaz Lector-Sistema de Información.

La conexión se realiza a través de un enlace de comunicaciones estándar, que puede ser local o remoto y cableado o inalámbrico como el RS232, RS485, USB, Ethernet, WLAN, GPRS, UMTS, etc.

- Interfaz Lector-Etiqueta (tag).

Se trata de un enlace radio con sus propias características de frecuencia y protocolos de comunicación.

Antes de poder seleccionar los elementos que más nos interesan vamos a hacer un estudio en profundidad de los distintos componentes que existen en el mercado en los siguientes apartados.

3.2 ETIQUETAS RFID

La función básica de una etiqueta RFID es almacenar datos y transmitirlos al interrogador. En el nivel más básico están formados por un chip electrónico y una antena, ambos encapsulados en un envoltorio para formar un producto fácilmente utilizable, como por ejemplo una pulsera.

Generalmente el chip contiene una memoria donde almacenar los datos. Si la etiqueta es de escritura, también se podrá escribir.

Hay diversos criterios de clasificación de las etiquetas, pero realmente el más restrictivo es el modo de alimentación que distingue entre etiquetas activas y pasivas

▪ TAGS PASIVOS:

No poseen ningún tipo de alimentación. La señal que les llega de los lectores induce una corriente eléctrica mínima que basta para operar el circuito integrado CMOS del tag para generar y transmitir una respuesta.



La mayoría de tags pasivos utilizan backscatter sobre la portadora recibida. Esto es, la antena ha de estar diseñada para obtener la energía necesaria para funcionar a la vez que para transmitir la respuesta por backscatter. Esta respuesta puede ser cualquier tipo de información, no sólo un código identificador.

Los tags pasivos tienen distancias de uso práctico desde los 10 cm. (ISO 14443) hasta unos pocos metros (EPC e ISO 18000-6) según la frecuencia de funcionamiento y el diseño y tamaño de la antena.

Como carecen de autonomía energética el dispositivo puede resultar muy pequeño: pueden incluirse en una pegatina o insertarse bajo la piel (solo tags de baja frecuencia).

▪ TAGS ACTIVOS:

Tienen integrada una batería. Cuando necesita enviar datos usa la energía que esta le suministra para realizar la transmisión.

Estos tags son mucho más fiables, tienen menos errores que los pasivos debido a su capacidad de establecer sesiones con el lector. Gracias a su fuente de energía son capaces de transmitir señales más potentes que las de los tags pasivos, lo que les lleva a ser más eficientes en entornos difíciles para la radiofrecuencia como el agua (incluyendo humanos, formados en su mayoría por agua), metal (contenedores, vehículos).



También son efectivos a distancias mayores pudiendo generar respuestas claras a partir de recepciones débiles (lo contrario que los tags pasivos). Tienen rangos efectivos mucho más grandes que los tags pasivos.

Por contra, suelen ser mayores y más caros, y su vida útil es en general mucho más corta.

A continuación incluimos una tabla comparativa de las ventajas y desventajas que conlleva la utilización de la tecnología **RFID Activa**.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • La tecnología RFID Activa permite distancias de lectura de hasta 100 metros. La pasiva es del orden de unidades de metros como máximo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesita una batería para funcionar, por lo que el tiempo de vida es limitado, implicando un coste de mantenimiento.
<ul style="list-style-type: none"> • Tiene capacidad de auto diagnóstico. Avisa al lector cuando el nivel de batería es bajo para que el usuario la cambie por una nueva. 	<ul style="list-style-type: none"> • El nivel de batería del tag es recibido por el lector (y enviado a la aplicación) sólo cuando el tag está en el campo del lector.
<ul style="list-style-type: none"> • Pueden tener otros sensores (por ejemplo: sensor de temperatura), los cuales usan la misma energía del tag para funcionar 	<ul style="list-style-type: none"> • El agotamiento de las baterías fuera del campo del lector, implica que el tag no será detectado cuando vuelva a estar dentro del campo.
<ul style="list-style-type: none"> • Más ancho de banda para transmitir más información 	<ul style="list-style-type: none"> • El coste de los tags activos es mayor que el de los tags pasivos
<ul style="list-style-type: none"> • Capaz de iniciar las comunicaciones (a través de un pulsador) 	<ul style="list-style-type: none"> • En general, las dimensiones de los tags activos son mayores que las de los pasivos

Figura 3: Ventajas y Desventajas de RFID activa

En la tabla siguiente se puede ver de manera muy resumida la comparación entre estos dos tipos de pulseras

	Etiquetas Activas	Etiquetas Pasivas
Incorporan Batería	Si	No
Coste	Mayor	Menor
Tiempo de Vida	Limitado	Casi ilimitado
Cobertura	Mayor	Menor
Capacidad de datos	Mayor	Menor

Figura 4: Comparativa entre Etiquetas Activas y Pasivas

3.3 LECTOR RFID

Un lector o receptor es un dispositivo que actúa como puente entre la etiqueta RFID y el controlador.

Consta de un módulo de radiofrecuencia (transmisor y receptor), una unidad de control y una antena para interrogar los tags vía radiofrecuencia.

Los lectores están equipados con interfaces estándar de comunicación que permiten enviar los datos recibidos de la etiqueta a un subsistema de procesamiento de datos, como puede ser un ordenador personal o una base de datos. Algunos lectores llevan integrado un programador que añade a su capacidad de lectura, la habilidad para escribir información en las etiquetas.

Sus funciones básicas son:

- Leer y escribir (según el tipo de tag) los datos contenidos en la etiqueta
- Emitir y recibir datos del controlador
- Alimentar la etiqueta en caso de que esta sea pasiva

El lector puede actuar de tres modos:

- Interrogando su zona de cobertura continuamente, si se espera la presencia de múltiples etiquetas pasando de forma continua.
- Interrogando periódicamente, para detectar nuevas presencias de etiquetas.
- Interrogando de forma puntual, por ejemplo cuando un sensor detecte la presencia de una nueva etiqueta.

Los componentes del lector son: el módulo de radiofrecuencia (formado por receptor y transmisor), la unidad de control y la antena.

- **EL MÓDULO DE RADIOFRECUENCIA:** Consta básicamente de un transmisor que genera la señal de radiofrecuencia y un receptor que recibe, también vía radiofrecuencia, los datos enviados por las etiquetas.

Sus funciones por tanto son:

- Generar la señal de radiofrecuencia para activar el transpondedor y proporcionarle energía.
- Modular la transmisión de la señal para enviar los datos al transpondedor.
- Recibir y demodular las señales enviadas por el transpondedor.

- **LA UNIDAD DE CONTROL:** Constituida básicamente por un microprocesador. En ocasiones, para aliviar al microprocesador de determinados cálculos, la unidad de control incorpora un circuito integrado ASIC (Application Specific Integrated Circuit), adaptado a los requerimientos deseados para la aplicación.

La unidad de control se encarga de realizar las siguientes funciones:

- Codificar y decodificar los datos procedentes de los transpondedores.
- Verificar la integridad de los datos y almacenarlos.
- Gestionar el acceso al medio: activar las etiquetas, inicializar la sesión, autenticar y autorizar la transmisión, detectar y corregir errores, gestionar el proceso de multilectura (anticolisión), cifrar y descifrar los datos, etc.
- Comunicarse con el sistema de información, ejecutando las órdenes recibidas y transmitiéndole la información obtenida de las etiquetas.

Una de las funciones más críticas que debe realizar la unidad de control es gestionar el acceso al medio. Cuando se transmite información mediante una tecnología que no requiere contacto físico, existe la posibilidad de que aparezcan interferencias que provoquen cambios indeseados a los datos transmitidos y, en consecuencia, errores durante la transmisión. Para evitar este problema se utilizan procedimientos de comprobación (checksum). Los más comunes son la comprobación de bits de paridad, comprobación de redundancia longitudinal (LRC, Longitudinal Redundancy Check) y comprobación de redundancia cíclica (CRC, Cyclic Redundancy Check).

El número de etiquetas que un lector puede identificar en un instante de tiempo depende de la frecuencia de trabajo y del protocolo utilizado. Por ejemplo, en la banda de Alta Frecuencia suele ser de 50 tags por segundo, mientras que en la banda de Ultra Alta Frecuencia puede alcanzar las 200 tags por segundo.

LA ANTENA: Es el elemento que habilita la comunicación entre el lector y el transpondedor. Las antenas están disponibles en una gran variedad de formas y tamaños. Su diseño puede llegar a ser crítico, dependiendo del tipo de aplicación para la que se desarrolle. Este diseño puede variar desde pequeños dispositivos de mano hasta grandes antenas independientes. Por ejemplo, las antenas pueden montarse en el marco de puertas de acceso para controlar el personal que pasa, o sobre una cabina de peaje para monitorizar el tráfico que circula.

El principal aspecto a considerar a la hora de elegir una antena es el área de cobertura requerido para la aplicación, de modo que sea lo suficientemente grande para detectar las etiquetas, pero lo suficientemente pequeño para evitar lecturas espurias no válidas que pueden afectar y confundir al sistema.

A pesar de que las etiquetas pueden leerse en todas las orientaciones, en general el campo generado por la antena del lector tiene una dirección determinada. Este hecho influye especialmente en HF y UHF, pudiendo reducirse la cobertura al 50% o incluso imposibilitando la lectura de la etiqueta. Por ello, resulta conveniente buscar el acoplamiento óptimo entre ambas antenas, y si la orientación de la etiqueta no puede controlarse se debe buscar una compensación mediante un adecuado diseño de la antena.

Todos estos aspectos hay que tenerlos en cuenta antes de adquirir el lector, ya que en general todas las antenas RFID se presentan como productos finales, por lo que es necesario analizar

previamente sus características. Sin embargo, la mayoría son sintonizables de modo que puedan ajustarse a la frecuencia de operación seleccionada para el sistema.

Esto las hace susceptibles a multitud de factores externos, como son:

- Variaciones RF.
- Pérdidas por proximidad de metales.
- Variaciones del entorno.
- Efectos armónicos.
- Interferencias con otras fuentes de RF.
- Reflexiones de la señal.
- Diafonía (cross-talk).

El problema de desintonización de la antena, como consecuencia del efecto de estos factores, puede corregirse mediante la introducción de circuitos dinámicos autosintonizadores, que realimentan continuamente la antena para que ésta esté siempre bien sintonizada.

3.4 CONTROLADOR RFID

El controlador es la parte más importante del sistema RFID, se le puede considerar como el ‘cerebro’ del sistema. Es el encargado de recopilar toda la información de las posiciones de las etiquetas que reciben las antenas y de enviarla a una aplicación informática que se encarga de procesarla.

Esta es la parte que hemos desarrollado nosotros y que será explicada con más detalle en el apartado 4.2

3.5 ELECCIÓN DE LA BANDA FRECUENCIAL

La frecuencia de operación de los sistemas RFID puede realizarse entre 125 kHz. (LF) y 2,45 GHz (microondas), según el tipo de dispositivos que se utilicen.

Distinguimos dos bandas frecuenciales:

Banda de Baja frecuencia	Bandas de Alta frecuencia
Low Frequency (LF): 125-134KHz	Ultra-High Frequency (UHF):860-960 MHz
High Frequency (HF):13,56 MHz	Microwave: a partir de 2,45 GHz

Figura 5: Bandas Frecuenciales

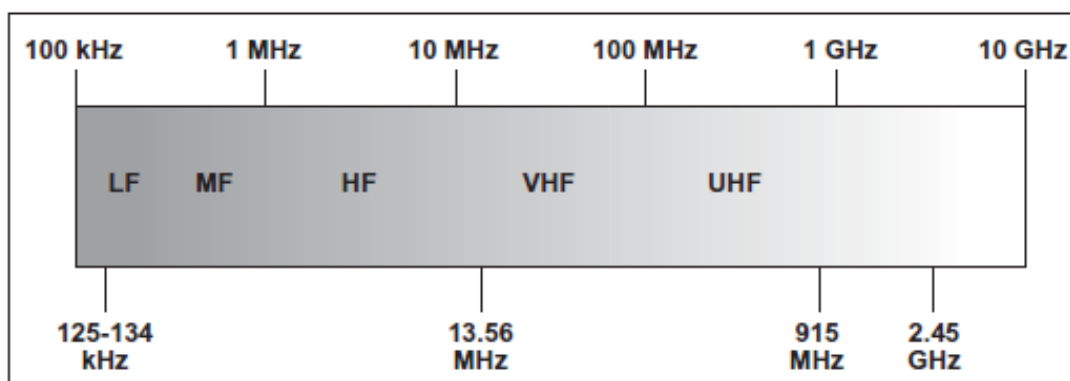


Figura 6: Espectro Frecuencial

Antes de realizar la elección de la banda frecuencial en la que vamos a trabajar consideramos diversos aspectos:

- **CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE DATOS.** Corresponde a la memoria de la etiqueta, para almacenar códigos o directamente datos.
- **VELOCIDAD Y TIEMPO DE LECTURA DE DATOS.** Es el parámetro que más se ve afectado por la frecuencia. En términos generales, cuanto más alta sea la frecuencia de funcionamiento mayor será la velocidad de transferencia de los datos. Esta circunstancia está estrechamente relacionada con la disponibilidad de ancho de banda en los rangos de frecuencia utilizados para realizar la comunicación.

El ancho de banda del canal debe ser al menos dos veces la tasa de bit requerida para la aplicación deseada. Sin embargo, no es aconsejable seleccionar anchos de banda demasiado elevados, ya que el aumento del nivel de ruido recibido es proporcional al ancho de banda, lo que implicará una reducción de la relación señal a ruido.

El tiempo de lectura dependerá lógicamente de la velocidad de lectura y de la cantidad de datos que haya que transmitir.

- **COBERTURA.** Además de la frecuencia, la cobertura depende también de la potencia disponible en la etiqueta, de la aportada por la antena del lector y de las condiciones del entorno de la aplicación. El valor real será siempre función de estos parámetros y de la configuración final del sistema. Por este motivo, los valores que se presentan para cada banda, son meramente orientativos. (Se considera una cobertura pequeña los valores inferiores a 1 metro, mientras que las coberturas superiores a 1 metro se consideran altas.)
- **CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE LECTURA:** orientación de la etiqueta, influencia de los obstáculos, influencia de las interferencias.
- **COSTES.** Es un aspecto importante de la decisión ya que por bueno que sea el proyecto si su coste es inviable, no se realizará nunca. Por eso pedimos presupuestos a los distribuidores y los comparamos hasta decidirnos por el que más nos conviene.

- **ÁREAS DE APLICACIÓN.** Según el área al que va destinado será más conveniente usar un tipo de producto u otro. A la hora de tomar la decisión tenemos que tener en cuenta dónde lo vamos a desarrollar.

FRECUENCIA	CAPACIDAD ALMACENAMIENTO	VELOCIDAD	COBERTURA	COSTES	APLICACIÓN	
135 KHz (LF)	64 bits tags pasivas	200 bps-1Kbps. Tiempo de lectura lento	0,5 m tags pasivas	altos	control de accesos, identificación de equipos	Pocos datos a poca distancia
	2Kbits tags activas		2 m tags activas			
13,56 MHz (HF)	Tags pasivas:	Tags pasivas:	Tags pasivas:	menor que LF	gestión de maletas, bibliotecas, servicios de alquiler, seguimiento de paquetes	Pocos datos a poca distancia
	512 bits- 8Kbits	25Kbps	1 metro			
433MHz (UHF)	32 bits-4Kbits	28 Kbps	3 – 10 metros	En grandes cantidades baratos	trazabilidad y seguimiento de bienes y artículos	Distancias mayores
2,5 GHz	128 bits-512 Kbits	100 Kbps	1-2 m tags pasivas	Según el tipo	control de accesos, peaje de carreteras	Alta cobertura alta velocidad
microondas			15 tags activas			

Figura 7: Comparación de las características según la frecuencia utilizada

4 SOLUCIÓN ADOPTADA

4.1 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Después de todo este proceso de investigación ya conocemos todas las posibilidades que nos ofrece la tecnología RFID y las ventajas y desventajas que conlleva la utilización de unos componentes u otros.

Ahora procedemos a relatar la solución que hemos desarrollado para cumplir los objetivos iniciales.

4.1.1 Justificación de la Tecnología Empleada

Vamos a utilizar etiquetas y controladores RFID activos principalmente por 2 motivos:

1.- Necesitamos un rango de lectura de al menos 3 metros en cada habitación y es un rango de lectura demasiado grande como para usar componentes pasivos.

2.- Queremos que el lector sepa en qué momento entran los alumnos en una habitación mientras estos están moviéndose libremente, sin restricciones de tener que acercar la pulsera a ningún dispositivo.

Por otro lado también hemos tenido que elegir la frecuencia a la que queremos trabajar.

Necesitamos utilizar frecuencias altas porque son las que me proporcionan más distancia de cobertura. La idea inicial era operar a 433 MHz (banda UHF), pero debido a las restricciones que nos imponen los distribuidores del producto, finalmente hemos decidido trabajar a 2,45 GHz (microondas).

La arquitectura que hemos diseñado consiste en una red LAN en la que los terminales están conectados mediante una topología en forma de estrella. La principal ventaja de este tipo de red es la fiabilidad, dado que si uno de los segmentos "punto a punto" sufriera una rotura, esto afectaría sólo a los dos nodos en ese eslabón y el resto podrá seguir funcionando.

Está formada por un ordenador que actúa como servidor, al que van conectados varios lectores. La antena que hemos adquirido acepta la transmisión de datos tanto por RS232 como por Ethernet (10BASE-T/100BASE-TX, ver hoja de características en el Anexo IV). Por simplicidad hemos decidido utilizar Ethernet, por lo que la comunicación será por el puerto de red en vez de por los puertos COM.

Los lectores no pueden conectarse directamente al servidor, sino que necesitamos introducir un HUB que esté entre el ordenador y varios de los lectores. El sistema final queda tal y como muestra la figura siguiente.

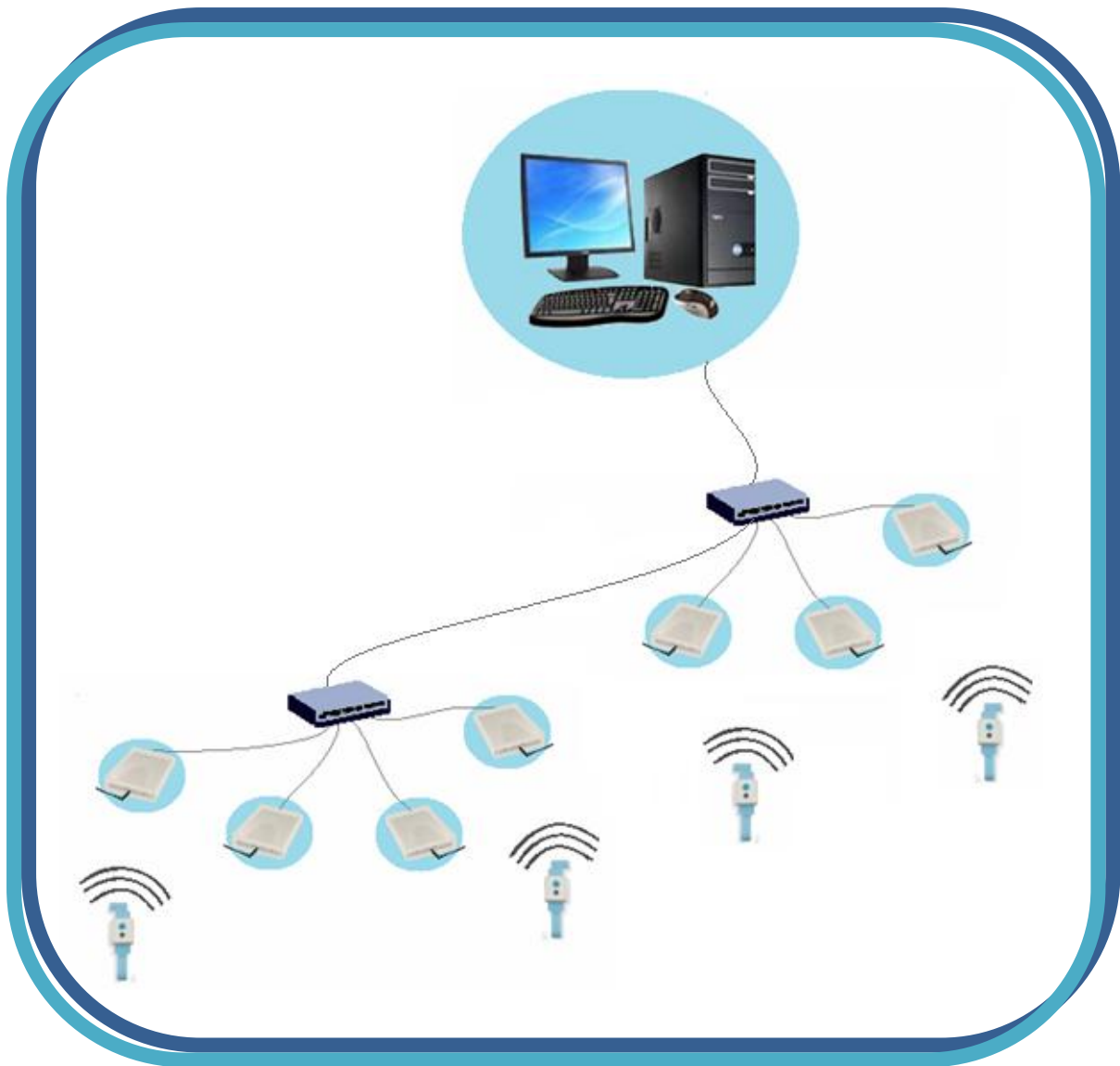


Figura 8: Arquitectura De Red Del Sistema

Se colocará una antena RFID activa en cada una de las aulas de educación infantil y en todos los puntos de salida de la zona destinada a los menores de 6 años. Así en el caso de que alguno de los alumnos se extravíe, sabremos en el momento por cuál de las salidas está pasando y se avisará al personal del centro.

Cada uno de los alumnos llevará una pulsera RFID como la del dibujo.

Esta pulsera emite una señal que es recibida por la antena y que nos permite situar a los alumnos en el plano.



4.1.2 Justificación del procedimiento empleado

De los presupuestos recibidos elegimos el de menor coste, es decir, el que nos proporcionó la empresa Kimaldi (ver anexo II). Compramos un lector RFID activo ref: SRD245-1N y una pulsera Ref:55Sytag245-TM (ver anexo IV). Al realizar este pedido nos enviaron también un CD con los manuales necesarios para configurar los lectores según nuestras necesidades.

Hay tres posibles modos de configuración de los lectores, Real Com Mode (comunicación por el puerto serie (RS232)), TCP Client, TCP Server y UDP.

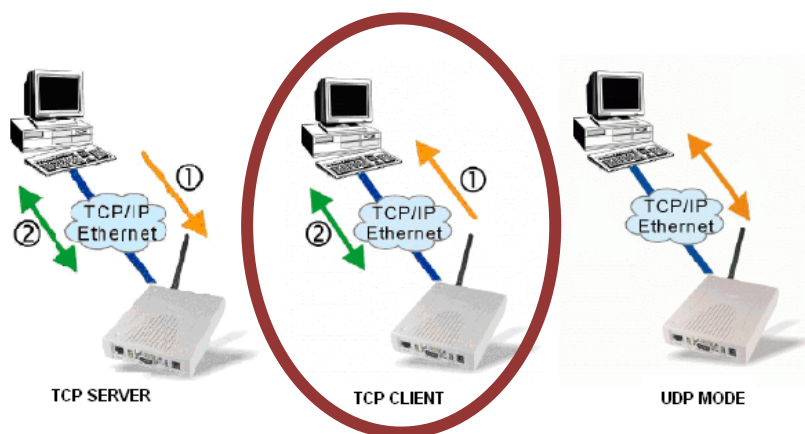


Figura 9: Posibles configuraciones del lector

Elegimos usar la configuración **cliente TCP**.

A continuación vamos a describir las principales características del protocolo TCP:

- TCP es un protocolo orientado a conexión y fiable.
- Los datos de la aplicación son fragmentados en lo que TCP considera que es el mejor tamaño para ser transmitidos.
- Cuando TCP envía un segmento, inicia un temporizador, esperando que el otro extremo reconozca la recepción correcta del segmento enviado. Si el reconocimiento no ha sido recibido cuando el temporizador ya ha expirado, el extremo transmisor vuelve a enviar el mismo segmento.
- Cuando TCP recibe un segmento de datos, envía un reconocimiento al extremo que lo ha enviado.
- TCP incluye un *checksum* de la cabecera y los datos cuyo propósito es detectar cualquier modificación de los datos en tránsito. Si el *checksum* recibido es incorrecto, el segmento TCP se descarta silenciosamente y no se reconoce. Se espera que el temporizador del TCP del extremo opuesto expire y se lo vuelva a enviar. Este reconocimiento se denomina ACK (*acknowledge*).
- Dado que los segmentos TCP viajan encapsulados en datagramas IP, y dado que los datagramas IP pueden llegar desordenados, los segmentos TCP pueden llegar desordenados. El

TCP del extremo receptor reordena, si es necesario, los segmentos recibidos y entrega, a la aplicación, los datos en el orden correcto.

- Dado que los datagramas IP pueden llegar duplicados, TCP debe descartar los segmentos TCP duplicados.
- TCP también proporciona control de flujo. Los extremos TCP tienen una cantidad finita de espacio de almacenamiento. El extremo TCP receptor indica al extremo TCP emisor cuánto espacio de almacenamiento tiene para los datos recibidos. De esta forma se previene que un ordenador cuyo ritmo de generación de datos es alto pueda superar la capacidad de recibir y procesar datos del ordenador receptor.

Para realizar esta configuración utilizamos el programa **Network Enabler Administrador** que encontramos en el CD de instalación. (Ver anexo V). Hay que poner los valores de tasa de bits que vamos a utilizar (115200 bps), el número de bits, la dirección IP del servidor, el puerto por el que nos vamos a comunicar (4001) y asignarle a cada uno de los lectores una dirección IP adecuada (que esté dentro de nuestra red). Para asegurarnos de que no le asignamos un valor que ya estuviera siendo usado por otro equipo, hemos utilizado el programa **NetScan** que localiza todas las direcciones IP usadas entre los valores que le damos (en nuestro caso 192.168.1.0 y 192.168.1.255 entre las direcciones de red y de broadcast).

Utilizamos el programa **Wireshark** para ver el intercambio de tramas que se produce entre la antena (TCP Client) y el ordenador (TCP Server). En la figura 10 vemos la comunicación que se establece entre Cliente y Servidor.

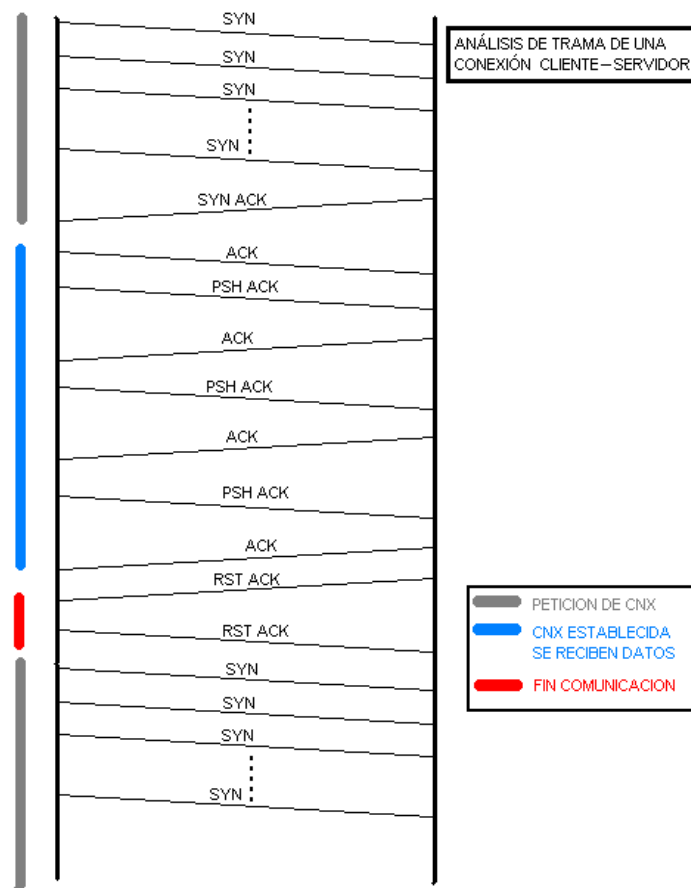


Figura 10: Análisis de Trama de una Conexión Cliente-Servidor

4.1.3 Justificación de la implementación

El CD de instalación de los lectores RFID nos proporciona tres aplicaciones: 'XTIVEUTILITY.EXE', 'XTIVEDEMO.EXE' y 'XTIVE.EXE' para realizar la captación de los datos emitidos por las pulseras. Para mayor información acerca de estas aplicaciones ver anexo V.

Estos programas generan archivos (según de qué programa se trate serán .txt o .csv) con todas las lecturas que ha hecho la antena.

En principio nos planteamos usar alguna de estas aplicaciones, pero al querer realizar una gestión de datos en tiempo real era imposible, ya que cuando abres el fichero para leer los datos dejan de escribirse en el las lecturas posteriores.

Debido a este problema hemos decidido realizar unas aplicaciones propias que se encarguen de la captura e interpretación de los datos. Esto consigue que nuestro proyecto sea totalmente adaptable a otras guarderías e incluso a otro tipo de edificio, porque podemos modificar las aplicaciones en función de las necesidades específicas de un cliente.

4.2 DESARROLLO DEL SOFTWARE

Ahora que ya tenemos correctamente instalado el lector y hemos comprobado que recibimos la información de la pulsera vamos a realizar el software.

Vamos a utilizar para ello Visual Basic, que es un lenguaje orientado a objetos. Para realizar la programación descargamos de la página de microsoft (<http://www.microsoft.com/es-es>) una versión gratuita: Visual Basic Express Edition 2008.

Podemos dividir la programación del software en tres partes:

1- Adquisición y tratamiento de los datos recibidos por la antena. 2- Creación de las bases de datos.

3- Creación de una aplicación que contenga los siguientes apartados.

- Mapa.
- Seguimiento.
- Sistema de fichas de los alumnos.
- Sistema de alarmas.

DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS DE NUESTRO SISTEMA:

Lo hemos realizado con el programa Microsoft Visio. Aporta una visión general del proceso de trabajo que se va a seguir. Se distinguen las tres partes que hemos comentado:

La primera es la captación de los datos que reciben recogen las antenas. Esos datos llegan a un PC configurado como servidor y se generan tres tablas de datos.

Los datos de estas tablas los procesa nuestro sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) mostrando por pantalla la información que solicite el usuario

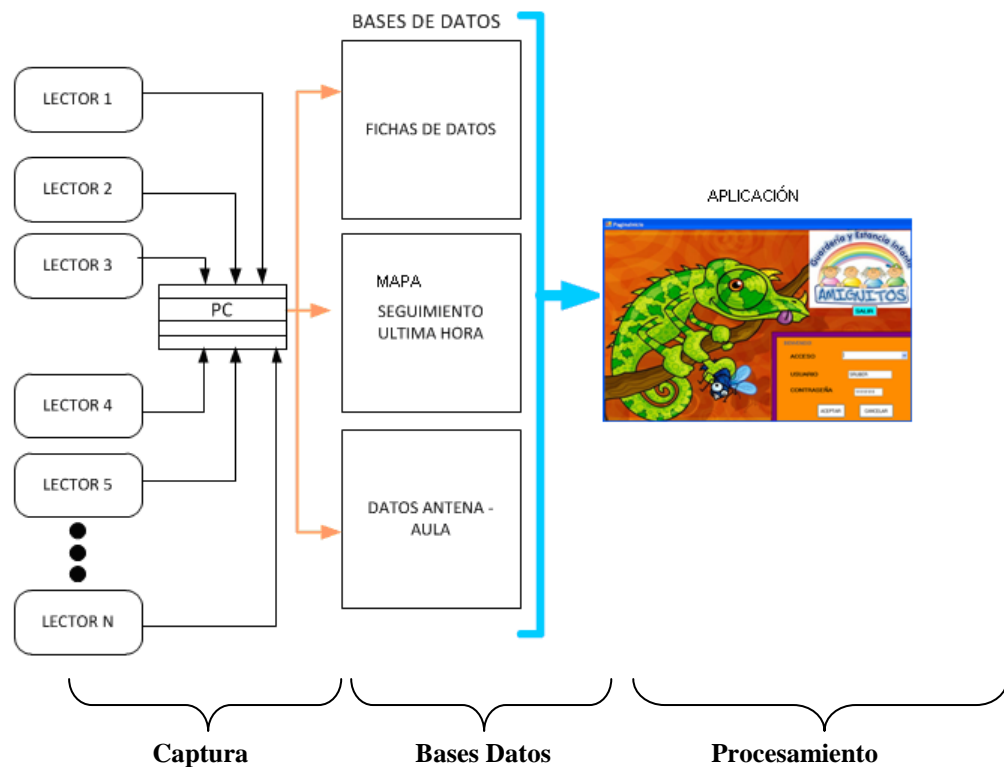


Figura 11: Diagrama de Flujo del Sistema

4.2.1 Adquisición y Tratamiento de los datos recibidos por la antena

Esta es la parte más importante del proyecto, ya que es fundamental que seamos capaces de capturar los datos enviados por las pulseras e interpretarlos. También es una de las partes que más trabajo ha costado.

Los distribuidores del producto nos facilitaron un documento en pdf con las especificaciones del protocolo de comunicaciones que utilizaba la antena. En la tabla siguiente vemos un extracto de los comandos de transmisión y recepción.

Command : Host(PC) -> SYRD245

STX[01] + ID₁ + {ID₂ + ID₃ + ID₄} + INS + { DATA } + BCC + END[0D]

Response : SYRD245 -> Host(PC)

STX[02] + ID₁ + {ID₂ + ID₃ + ID₄} + INS + { DATA } + BCC + END[0D]

Con esta información ya somos capaces de saber las cadenas que tenemos que buscar para obtener la información que necesitamos (situación de las pulseras).

Como ya hemos explicado en un apartado anterior, nuestra comunicación va a ser a través del cable de red. Por eso necesitamos conocer la red en la que vamos a implementar el sistema y las direcciones IP disponibles (utilizamos el programa **NetScan**).

Configuramos un ordenador como Servidor (esta dirección IP tiene que ser conocida porque va incluida en el código). Las antenas serán los clientes y captarán las pulseras. La imagen siguiente representa el flujo de información entre las tres partes del sistema:

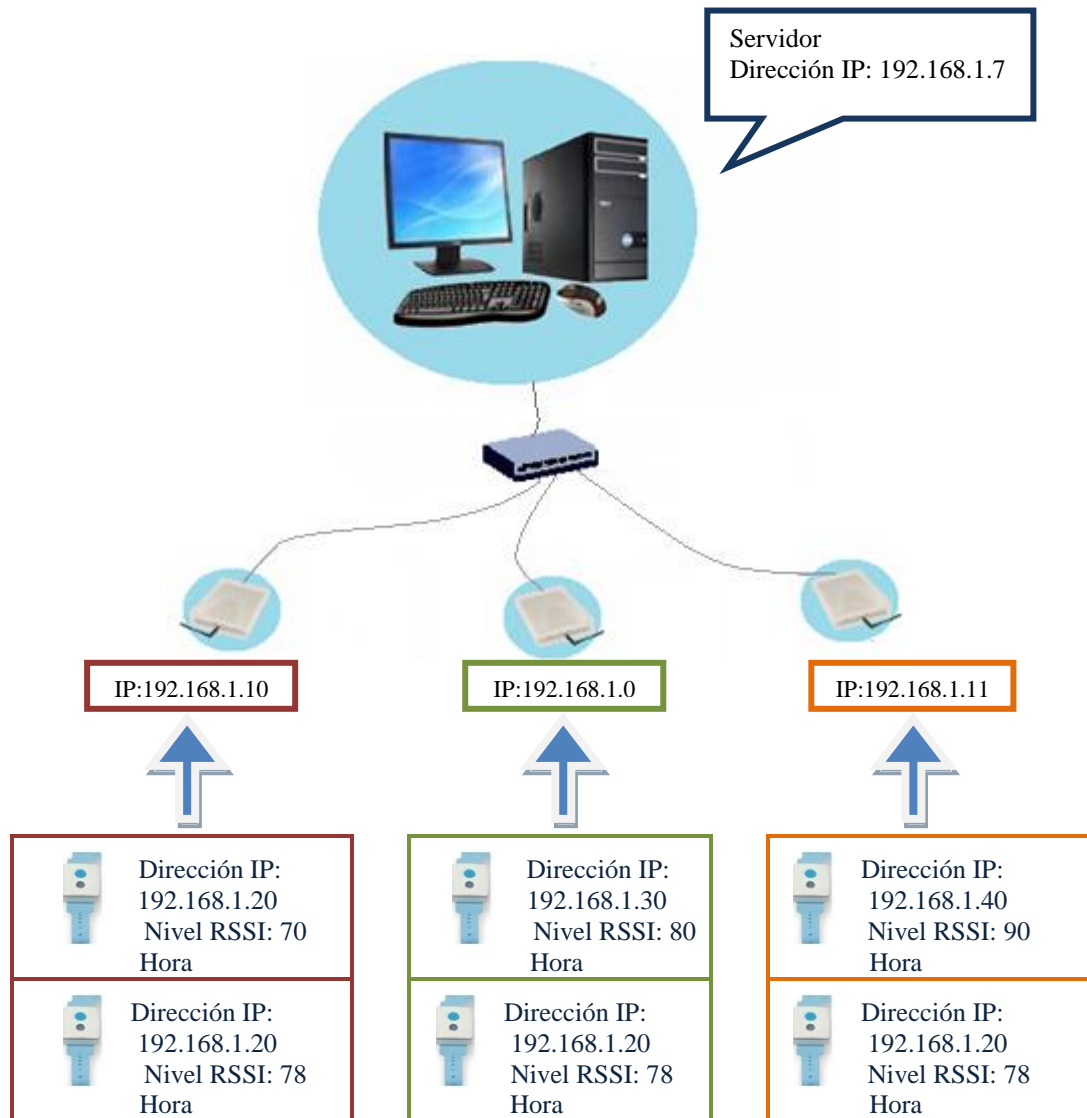


Figura 12: Flujo de la Información

Las pulseras envían la información de su posición mediante una cadena de 22 dígitos (cadena DATA en la explicación del protocolo): **0001000110484130A9E3FD**, donde los 16 primeros dígitos corresponden a la dirección **IP** de la pulsera y los siguientes al nivel de **LQI**, **RSSI** en hexadecimal. Los dos últimos dígitos indican el **estado** de la pulsera, que avisa al sistema de diferentes eventualidades que le suceden:

- Que el boton de emergencia se ha pulsado.
- Que detecta la presencia de una antena.

- Que tiene poca batería.

Y las posibles combinaciones de estos.

En cuanto a la programación, paso a relatar brevemente el proceso seguido:

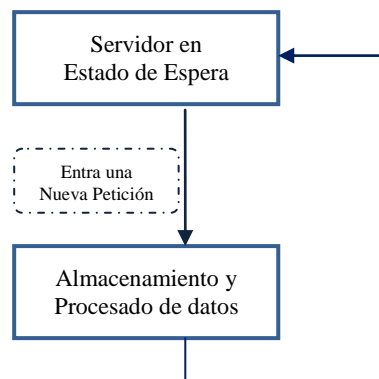
1 Se crea una subrutina que implemente un 'TCPListener'. Se trata de un servidor TCP que se queda "escuchando" el medio hasta que le llega una petición de alguno de los clientes (lector RFID). Cuando esto ocurre, se crea un 'socket' que representa al cliente y los datos que ha recibido la antena de la pulsera se almacenan en el servidor (PC).

Estos datos consisten en una cadena de caracteres (ASCII) en los que está la información acerca de cuál es la pulsera que lo envía, el nivel de RSSI, el nivel LQI y el estado de la pulsera.

Además, al representar al cliente mediante un 'socket' y no con un 'TCPClient' conseguimos recuperar la dirección IP de la antena que está recibiendo los datos. Esto se utiliza cuando, como es nuestro caso, hay varios lectores recibiendo datos.

- 2 Generamos, en un archivo .txt separados mediante comas, los siguientes valores: número de pulsera, dirección IP de la antena, nivel RSSI, nivel LQI, estado de la pulsera y hora a la que se ha producido la lectura.
- 3 Por último guardamos estos datos en una tabla a modo de historial con el fin de que pueda accederse a ellos fácilmente.

El diagrama de estados que se sigue para implementar este proceso es el siguiente:



Una vez que tenemos los datos guardados ya podemos acceder a ellos desde la aplicación informática cuyo contenido explicamos con más detalle en el apartado 4.2.3. Pero la idea es que, por ejemplo, cuando el usuario pulse en la opción de Ver alumnos en el Mapa de la guardería, aparecerá una lista de los niños cuyas pulseras hemos detectado.

4.2.2 Creación de las Bases de Datos

Para crear las bases de datos hemos usado el programa Access de Microsoft por su sencillez de utilización y porque viene incluido en el paquete convencional de office que tienen instalados la mayoría de los equipos.

Necesitamos varias bases de datos:

- 1 Lecturas de los datos enviados por los lectores.
- 2 Datos personales de los alumnos.
- 3 Información de qué alumnos se encuentran en este momento en el centro.
- 4 Historial de las incidencias.
- 5 Información de quién lleva cada pulsera.

El parámetro principal (llave en Access) en estas bases de datos es el número identificativo de la pulsera, ya que es un valor único que no puede estar duplicado.

Las bases de datos van a estar relacionadas entre sí porque varios de los parámetros que se incluyen en ellas son compartidos por varias de las tablas.

4.2.3 Diseño de la Aplicación

Hemos diseñado una aplicación que consta de las siguientes partes:

1 PAGINA PRINCIPAL

1.2 Acceso a **Videocámara**

1.3 Acceso al sistema de **Gestión de Fichas** del alumnado.

- Ver todas las fichas de los alumnos. Se pueden editar, añadir una nueva ficha, eliminar la ficha, incluir incidencias o avisos que sean relevantes y el personal deba tenerlos especialmente en cuenta.
- Añadir nueva ficha.
- Buscar una ficha en concreto sabiendo el nombre, el apellido o el número de pulsera.

1.4 Visualización del **Mapa** del recinto para ver que alumnos están o no en la zona.

- Ver qué alumnos se encuentran en cada una de las habitaciones.
- Enlace a la videocámara que está situada en la entrada de la guardería para ver quiénes están entrando o saliendo.
- Enlace para ver el seguimiento del alumno que hayas seleccionado en la tabla.
- Enlace para acceder a la ficha del alumno que has seleccionado en la tabla (solo esa ficha. Para ver todas hay que entrar en el apartado de 'fichas').

- 1.5 **Seguimiento** de un alumno en concreto introduciendo su nombre, apellidos o número de pulsera
- Visualización en una tabla de los últimos movimientos que ha realizado ese alumno a lo largo del día, pudiendo posicionar en el mapa cualquiera de esos momentos.
 - Si no hay ningún alumno fuera de la zona de educación infantil, aparecerá en la parte superior de la pantalla una carita sonriente. Si por el contrario al buscar un alumno este se encuentra en una de las zonas restringidas, aparecerá una alarma acompañada de un sonido que avisara al personal de la incidencia.
 - Aquí también hay un enlace a la videocámara que se encuentra en la entrada.
- 1.6 Historial de **Alarmas**: reflejan las últimas incidencias que han ocurrido, quién la ha causado, a qué zona ha salido y en qué momento.
- 1.7 Tabla de información de la **Asignación de las Pulseras**, donde encontramos información de quién es el alumno que lleva una pulsera en concreto o al revés, qué pulsera lleva un determinado alumno.
- 1.8 **Demostración** de la captura de datos de la antena RFID.

4.2.3.1 Organización de la aplicación

Distinguimos tres áreas en las que puede utilizarse esta herramienta: Dirección, Profesores y Padres. Al comienzo de la aplicación aparece un menú desplegable en el que se selecciona el área a la que se quiere acceder. Cada zona tiene una pantalla inicial diferente que las distingue.



Figura 13: Menú desplegable para acceder a las 3 áreas

Una vez seleccionado el tipo de usuario, se verifica la identidad del mismo mediante una contraseña.

Cada usuario tiene unos permisos de visualización distintos:

- **PADRES**: Es el usuario con permisos más restringidos, tan solo puede localizar en el *Mapa* o ver el *Seguimiento* del **alumno que tienen a su cargo**.
- **PROFESORES**: Tienen acceso a **todos los menús**, pero no pueden modificar datos personales ni añadir nuevos.

- DIRECCION: Tiene permiso para localizar a **todos los alumnos**, introducir fichas, eliminarlas, realizar el seguimiento de cualquier alumno, asignar las pulseras, etc. además de acceso a las videocámaras y al historial de alarmas. Una vez que introduzca la contraseña adecuada aparecerán los 6 botones que le permiten acceder a todos los aspectos de la aplicación explicados anteriormente



Figura 14: Pagina de Acceso a la herramienta en cada una de las áreas

4.2.3.2 Imágenes de la Aplicación

Como el área de dirección es la que tiene más permisos, vamos a detallar en profundidad cada una de sus partes.



Figura 15: Entrada a la Aplicación



Figura 16: Introducir contraseña para acceder a la aplicación



Figura 17: Menús del área 'Dirección'



Figura 18: Menús de las otras dos zonas



Figura 19: **MAPA** (Ver el mapa completo del centro)



Figura 20: **SEGUIMIENTO** (Ver los últimos movimientos de un alumno)



Figura 21: Ver los últimos movimientos de un alumno al acceder a 'SEGUIMIENTO desde 'MAPA'.
No se puede seleccionar otro alumno

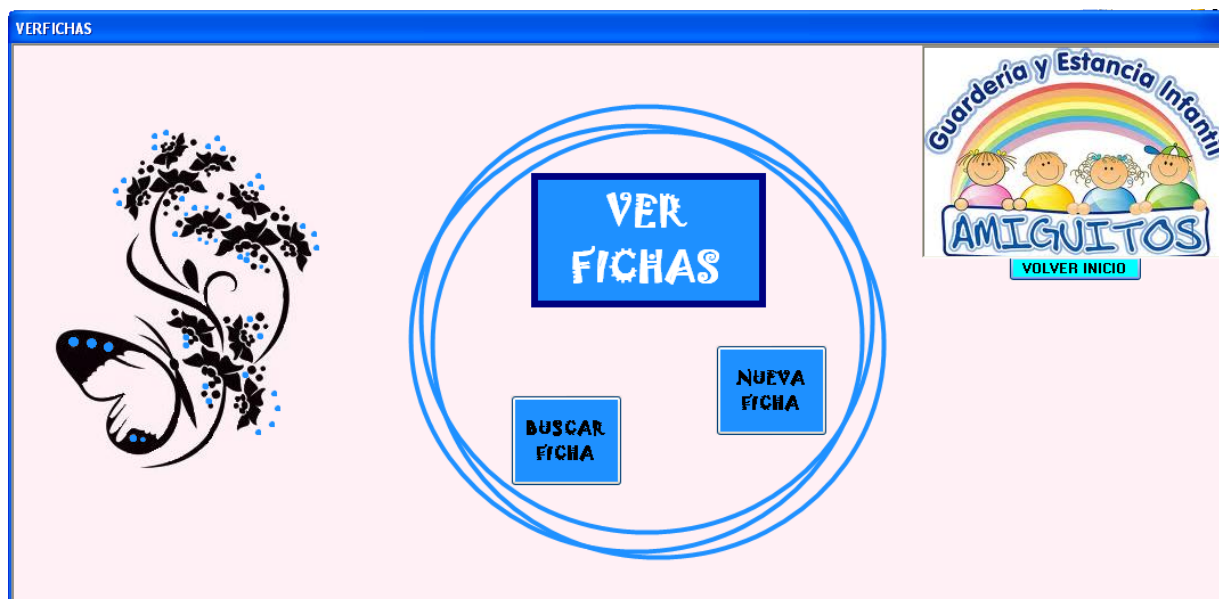


Figura 22: **FICHAS** (Acceso al sistema de fichas)

Figura 23: Ficha para introducir los datos de un nuevo alumno

BUSCARFICHA

de 0 |

NOMBRE
APELLIDOS
ID PULSERA

NOMBRE _____
APELLIDOS _____
NÚMERO PULSERA _____
NOMBRE TUTOR 1 _____
NOMBRE TUTOR 2 _____
TELÉFONO FIJO _____
TELÉFONO MÓVIL _____

ALERGIAS _____
CUMPLEAÑOS _____
OTROS _____
VER ÚLTIMAS INCIDENCIAS

Figura 24: Buscar datos de un alumno introduciendo su nombre, apellidos o número de pulsera

VERTODASFICHAS

de 14 |

	NOMBRE	APELLIDOS	IDPULSERA	TUTOR1	TUTOR2	TELÉFONO_FIJO	TELÉFONO_MOVI	ALERGIAS	FECHACUMPLE	OTROS
▶	ANA	ALVAREZ	1	PADRE ANA	MADRE ANA	976 000 000	600 000 000	NO	1 ENERO	CON FOTO
	BEA	BERNAL	2	PADRE BEA	MADRE BEA	976 000 000	600 000 000	SI	2 ENERO	CON FOTO
	CARLOS	CUESTA	3	PADRE CARLOS	MADRE CARLOS	976 000 000	600 000 000	NO	3 ENERO	CON FOTO
	DANIEL	DIGES	4	PADRE	MADRE	976 000 000	600 000 000	SI	4 ENERO	CON FOTO
	ELENA	ESTEBAN	5	PADRE	MADRE	976 000 000	600 000 000	NO	5 ENERO	CON FOTO
	FELIX	FUENTES	6	PADRE F	MADRE F	976 000 000	600 000 000	NOP	6 ENERO	CON FOTO
	GONZALO	GARCIA	7	PADRE	MADRE	976 000 000	600 000 000	NO	7 ENERO	SIN FOTO
	HIPOLITO	HERNANDEZ	8	PADRE	MADRE	976 000 000	600 000 000	SI	8 ENERO	SIN FOTO
	IGNACIO	IZQUIERDO	9	PADRE	MADRE	976 000 000	600 000 000	NO	9 ENERO	SIN FOTO
	JULIA	JIMENEZ	10	PADRE	MADRE	976 000 000	600 000 000	SI	10 ENERO	SIN FOTO
	LAURA	LOPEZ	11	PADRE	MADRE	976 000 000	600 000 000	NO	11 ENERO	SIN FOTO
	MARIA	MUÑOZ	12	PADRE	MADRE	976 000 000	600 000 000	SI	12 ENERO	SIN FOTO
	SANDRA	SANCHEZ	22	PAD	MAD	976 000 001	976 000 002	NO	15 MAY	NADA
	SANDRA	RUBER	77	MIGUEL ÁNG...	JULIA	976 123 123	660 123 123	NINGUNA	12 SEPT	CON FOTO

FICHA DEL ALUMNO

NOMBRE: ANA
APELLIDOS: ALVAREZ
NÚMERO PULSERA: 1
NOMBRE TUTOR 1: PADRE ANA
NOMBRE TUTOR 2: MADRE ANA
TELÉFONO FIJO: 976 000 000
TELÉFONO MÓVIL: 600 000 000
ALERGIAS: NO

CUMPLEAÑOS: 1 ENERO
OTROS: CON FOTO

INCIDENCIAS DEL ALUMNO.

- * NO VIENE A CLASE POR ENFERMEDAD
- * LA VIENE A BUSCAR SU ABUELO MATERNO
- * CELIACA
- * ESTA SEMANA SALDRA A LAS 12

Figura 25: Ver todas las fichas del alumnado del centro

VERTODASFICHAS

1 de 1 | ACTUALIZAR | NOMBRE: ADRIAN | BUSCAR | SALIR

NOMBRE	APELLIDOS	IDPULSERA	TUTOR1	TUTOR2	TELEFONO_FUJO	TELEFONO_MOVI	ALERGIAS	FECHACUMPLE	OTROS
ADRIAN	RUBER	1	PADRE	MADRE	976 000 000	600 000 000	NO	1 ENERO	CON FOTO

FICHA DEL ALUMNO

NOMBRE: ADRIAN | CUMPLEAÑOS: 1 ENERO
 APELLIDOS: RUBER | OTROS: CON FOTO
 NÚMERO PULSERA: 1 [CARGAR]
 NOMBRE TUTOR 1: PADRE
 NOMBRE TUTOR 2: MADRE
 TELEFONO FIJO: 976 000 000
 TELEFONO MOVIL: 600 000 000
 ALERGIAS: NO

[VER INCIDENCIAS]




Figura 26: Ver datos de un alumno seleccionado en 'MAPA'. No se puede seleccionar otro alumno

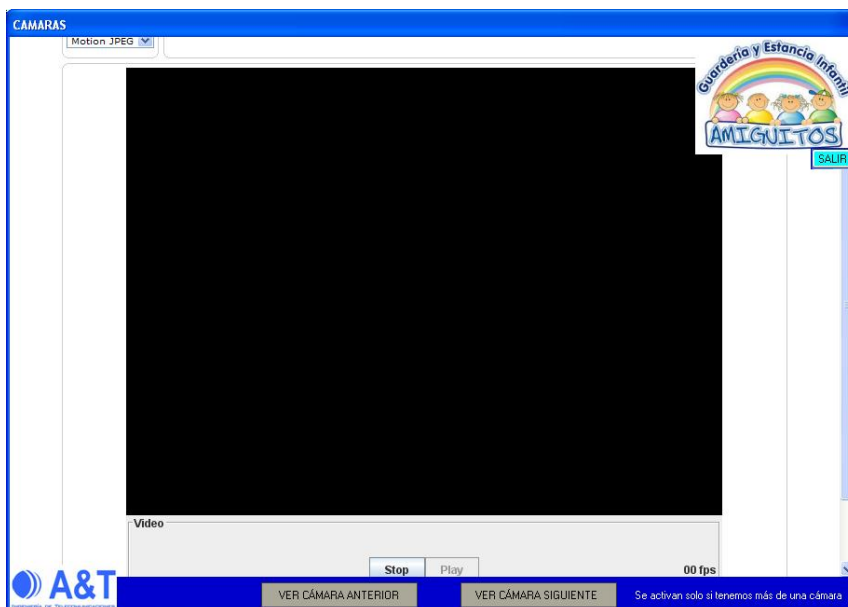


Figura 27: Acceso a Videocámaras

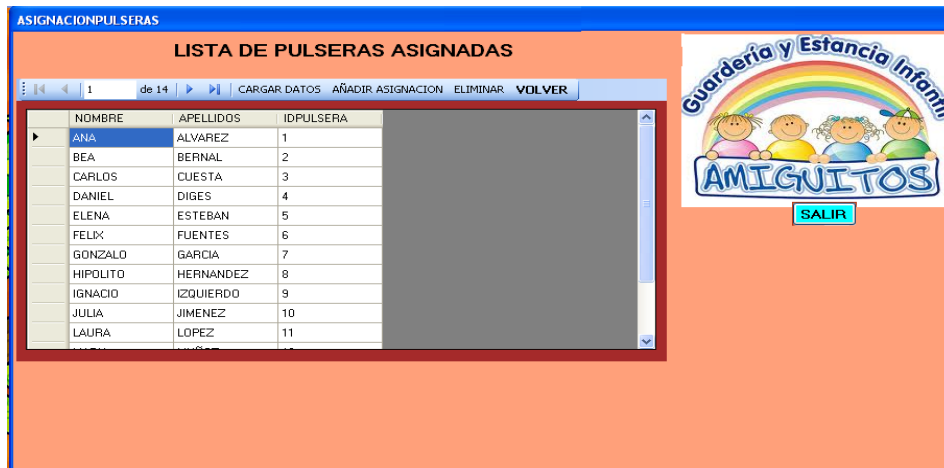


Figura 28: Ver lista de asignación de pulseras a alumnos



Figura 29: Historial de incidencias

4.3 VALIDACIÓN DEL SOFTWARE

Se realizaron una serie de pruebas para comprobar que todas las partes importantes de la aplicación diseñada funcionaban correctamente.

Dividimos este análisis en dos partes:

- Pruebas de validación de las funciones de la aplicación desarrollada.
- Pruebas de la parte de adquisición de datos por parte de la antena e interpretación de los mismos.

4.3.1 Pruebas de la Aplicación

La aplicación contiene una gran cantidad de funciones que están pensadas para gestionar o tratar con datos de varios alumnos. Solo poseemos una pulsera y un lector para realizar las pruebas, así que para comprobar que el sistema y todas sus funcionalidades operan correctamente, hemos introducido datos ficticios de varios alumnos y sus movimientos a lo largo del centro escolar.

Hicimos varias pruebas, sobre todo desde el área de dirección porque es la que tiene más permisos:

– PRUEBA 0: **BOTONES**

Antes que nada, comprobamos que funcionan correctamente los botones principales de la aplicación, es decir que nos llevan a la página que queremos, que los que ponen ‘SALIR’ efectivamente salen de la aplicación, etc.

También comprobamos que al cargar las páginas no haya parpadeos molestos que pueden disgustar al cliente por algún mal refresco de la pantalla.

– PRUEBA 1: **FICHAS**

Creamos una ficha de una alumna nueva, ‘Sandra’, incluimos todos sus datos y le damos al botón de guardar. Salimos de esta pantalla, vamos a ver todos los datos y comprobamos que los nuevos se han cargado correctamente.

Prestamos atención a si se cambian correctamente las fotografías de los alumno ya que esta parte lleva una programación diferente al resto por tratarse de una imagen.

Comprobamos que no podemos escribir ningún número de pulsera al azar y que si le damos al botón ‘cargar’ el sistema nos pone automáticamente un número que no está siendo usado por ningún otro alumno.

Probamos a modificar alguno de los campos, guardarlo y ver que se cambia en la base de datos.

Intentamos eliminar la ficha de un alumno y nos aparece un mensaje emergente preguntándonos si de verdad queremos eliminar esa ficha. Si la eliminamos, aunque le demos al botón ‘Cargar Datos’, esta no vuelve a aparecer porque los datos se han eliminado del sistema.

Probamos también a buscar un alumno concreto y los avisos emergentes que nos aparecen si no encuentra coincidencias o encuentra más de una.

– PRUEBA 2: **MAPA**

Además de que se cargan todos los datos al entrar en esta página, comprobamos que al pulsar sobre cada una de las aulas los datos se actualizan y muestran solo los que se encuentran ahí en este momento.

Probamos que funcionan correctamente los botones de acceso directo a ‘SEGUIMIENTO’ y ‘VER FICHA’ y que solo podemos acceder a los datos del alumno seleccionado en ‘MAPA’ y de ninguno más (esto es importante por privacidad, porque a esta pantalla también se puede acceder desde las otras áreas).

Probamos el botón de acceso a videocámara.

– **PRUEBA 3: SEGUIMIENTO**

Primero probamos que busca a un alumno concreto, lo posiciona en el mapa y en la tabla de la derecha nos aparece la información sobre sus últimos movimientos en el recinto. Si pulsamos sobre cada uno de ellos, el muñeco que representa al alumno cambia de posición.

Buscamos a una alumna que nosotros mismos hemos dicho que está en un área restringida y comprobamos que nos aparece un mensaje de alarma. También vemos que en la página de ‘ALARMAS’ se ha cargado esta nueva incidencia que hemos forzado.

Si accedemos a esta pantalla desde el área ‘PADRES’ comprobamos que no podemos buscar a ningún alumno (solo al que está a nuestro cargo), ese campo permanece en color azul y no es editable.

Aquí también probamos el botón de acceso a videocámara

– **PRUEBA 4: ACCESO A OTRAS ÁREAS**

Comprobamos que la pantalla y las opciones cambian según el área a la que accedamos.

Intentamos acceder sin contraseña y con una contraseña errónea y vemos que no nos deja entrar a la aplicación y a ninguna de sus opciones.

Desde el área Profesores vemos que no podemos modificar ni añadir fichas de alumnos, solo podemos verlas si accedemos desde seguimiento.

Desde el área Padres solo tenemos acceso a los datos de 1 alumno y en ningún caso podemos buscar otro ni acceder a más información.

4.3.2 Pruebas de Adquisición de los Datos

Para comprobar que la parte de adquisición de datos funciona hemos creado una pequeña aplicación que se llama DEMO donde solo utilizamos la pulsera y la antena que hemos comprado. Así pues solo detectaremos si la persona que lleva la pulsera está dentro o fuera de la habitación.

En la aplicación aparece un mapa simplificado de la guardería (por ser este el objetivo del proyecto) donde aparecerá una foto del alumno, dentro del recinto o fuera según el sujeto de las pruebas esté o no en la sala.

También hay unas casillas (Inside y Outside) en la que se escribirá el nombre del alumno según su posición. Cuando se para el proceso de localización de pulseras aparece la opción de ver la ficha del alumno que está haciendo la demostración con la idea de que esta mini aplicación sea una muestra de lo que se puede conseguir con la aplicación inicial.

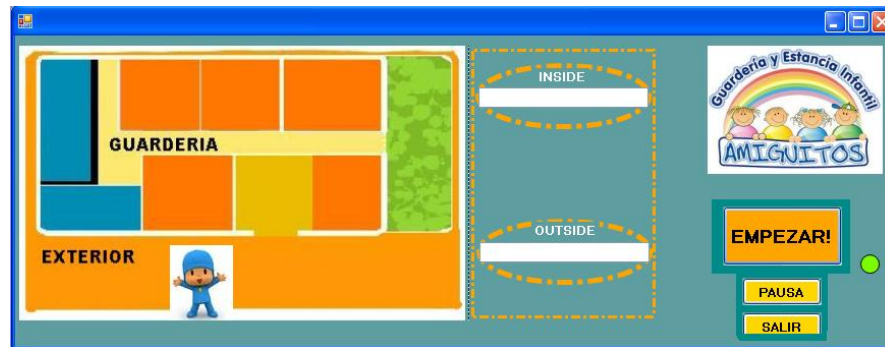


Figura 30: Aplicación DEMO

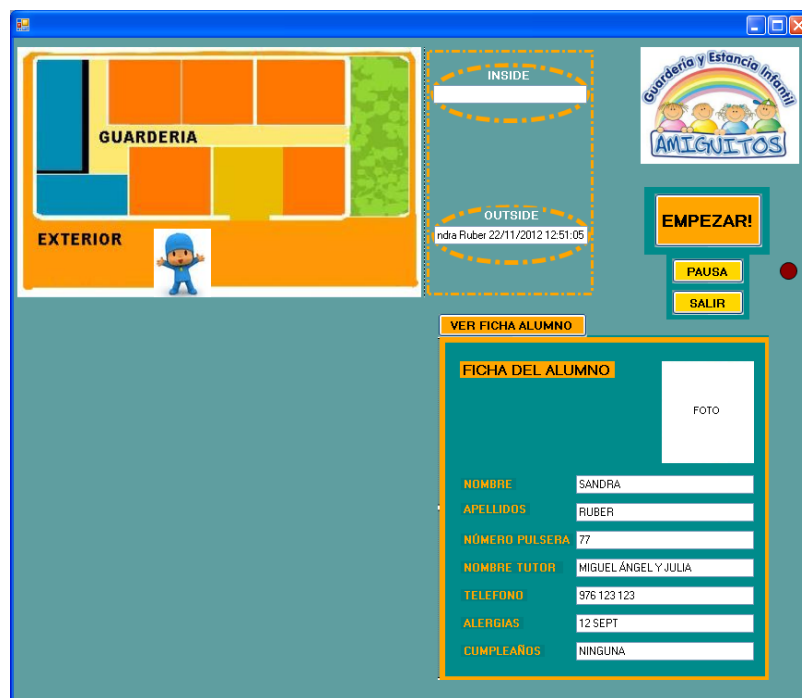
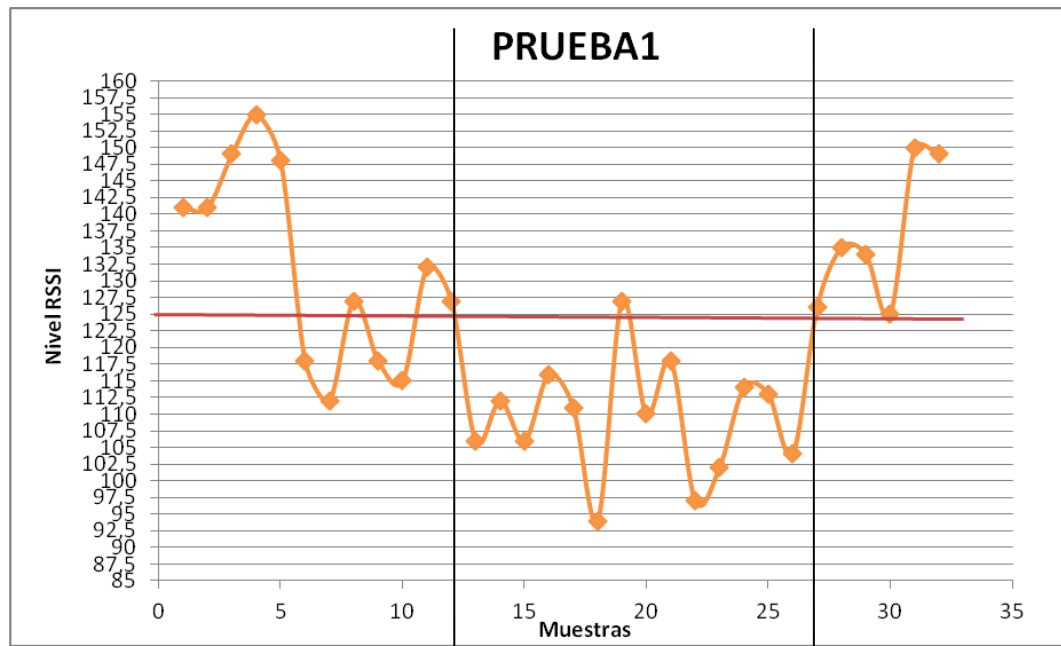


Figura 31: Aplicación DEMO parada

La mayor parte de las pruebas se han realizado dentro de la misma empresa, A&T Ingeniería de telecomunicaciones.

Hemos representado gráficamente los resultados de varias situaciones, en las que básicamente se entra o sale de la sala donde está situada la antena con la pulsera puesta en la muñeca, simulando un uso real del sistema.

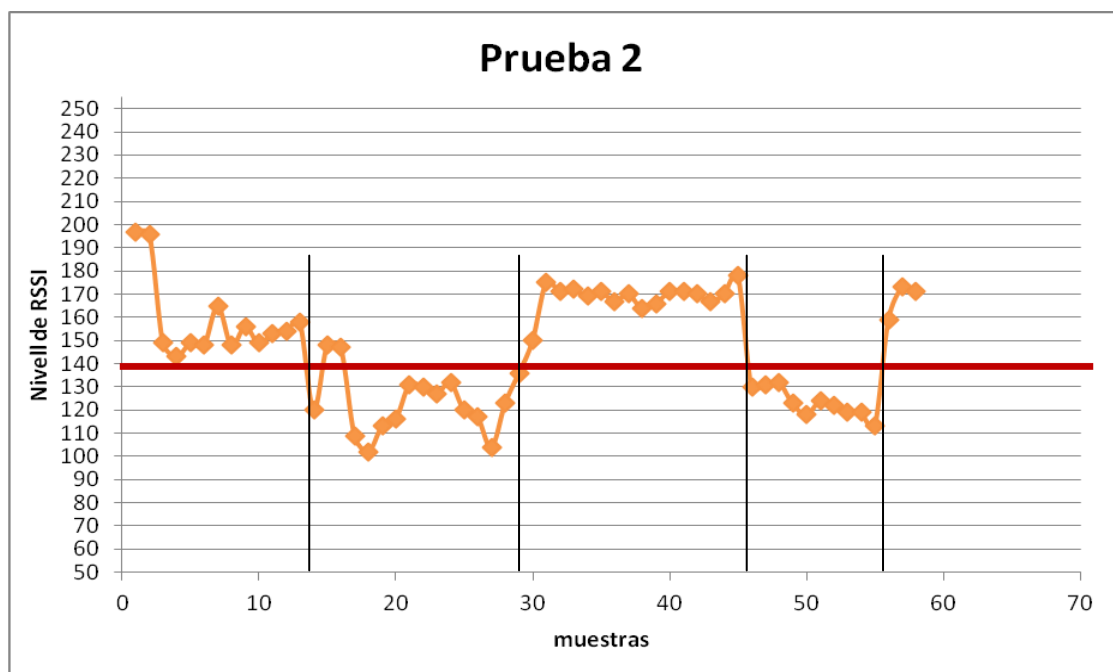
– PRUEBA 1:



En esta prueba el sujeto en el inicio está dentro de la sala, después sale y vuelve a entrar.

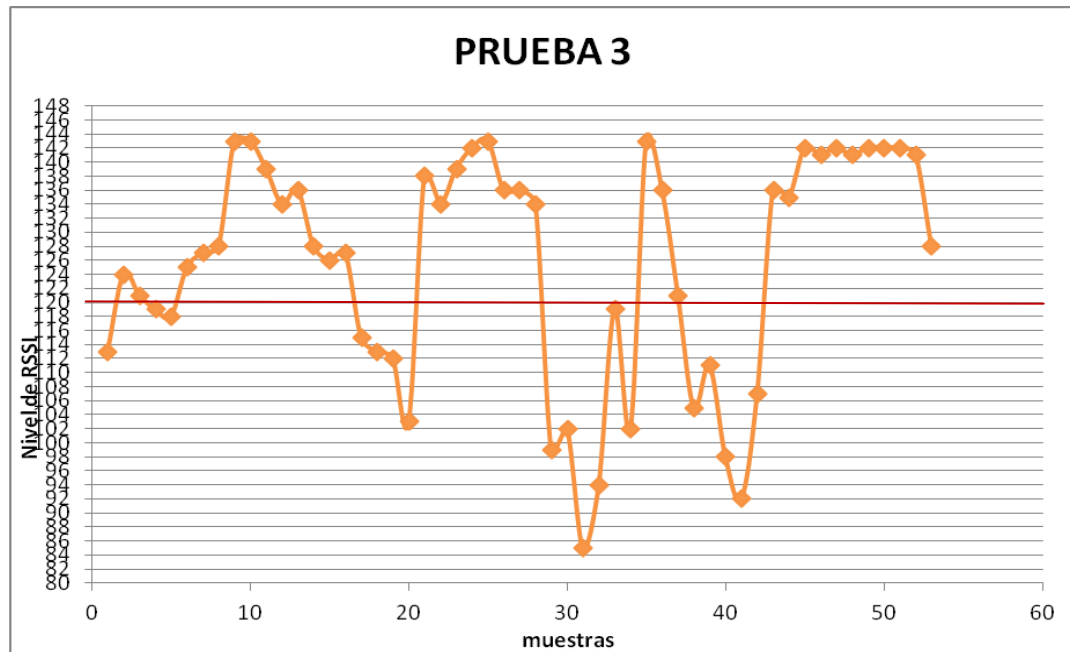
La línea roja representa el valor que distingue si el portador de la pulsera está o no en la habitación y las líneas negras los instantes en los que el sujeto sale de la habitación.

– PRUEBA 2



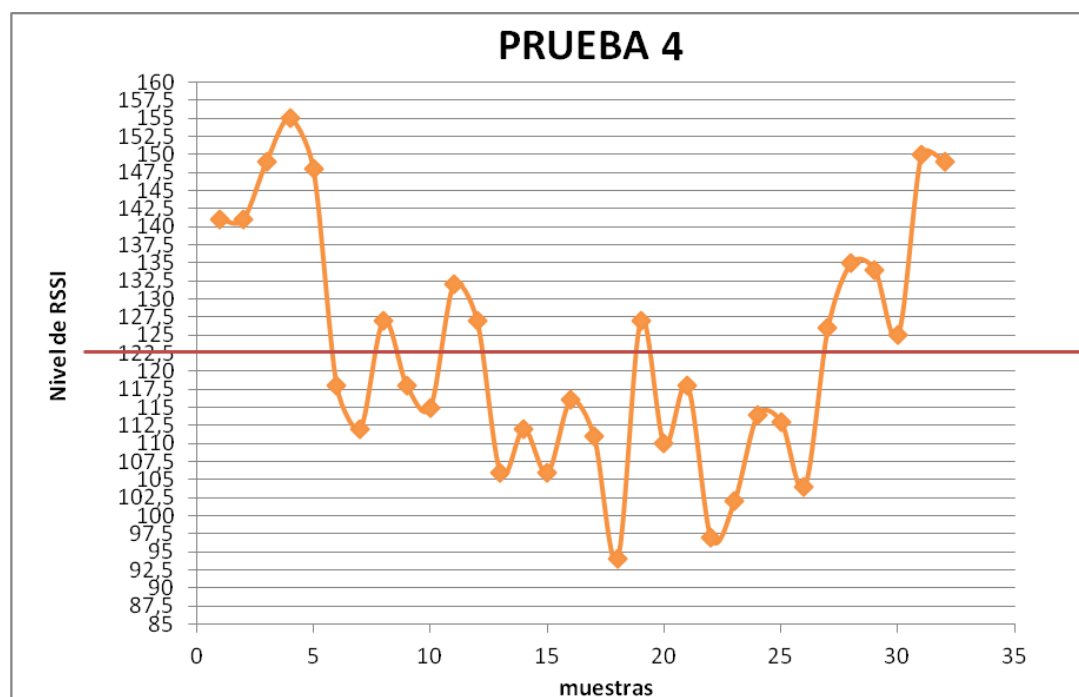
Las condiciones iniciales de esta prueba son iguales que en la anterior, aunque sale y entra una vez más de la sala. Se toman más muestras en esta prueba y se diferencian mejor los cambios de posición

– PRUEBA 3:

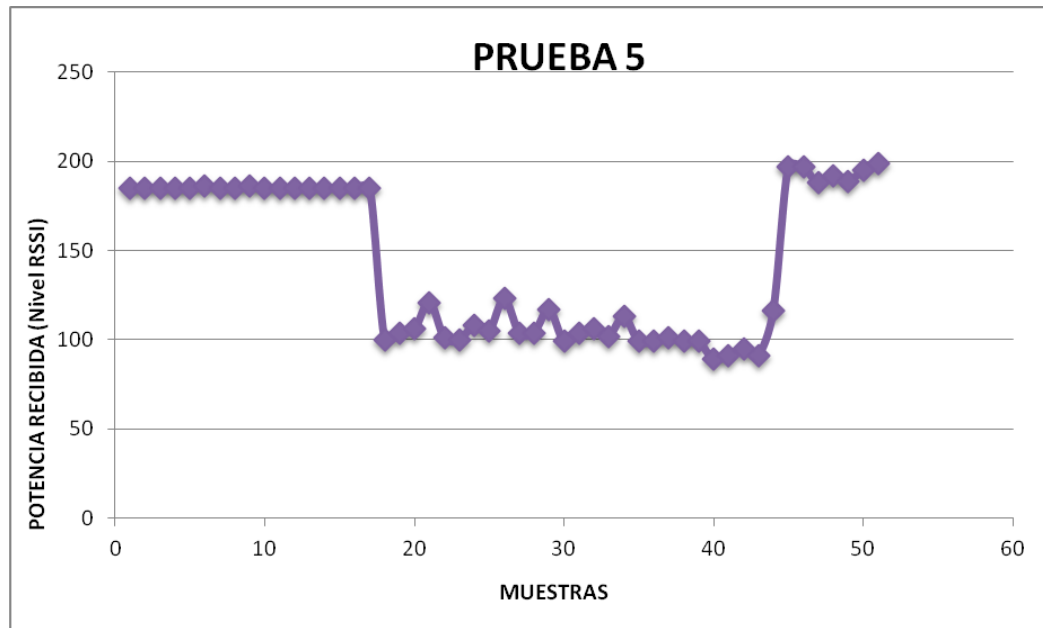


En esta ocasión vemos unos valores más dispares y no se ve tan claro como en las otras pruebas los instantes en los que cambia de ubicación el sujeto

– PRUEBA 4:

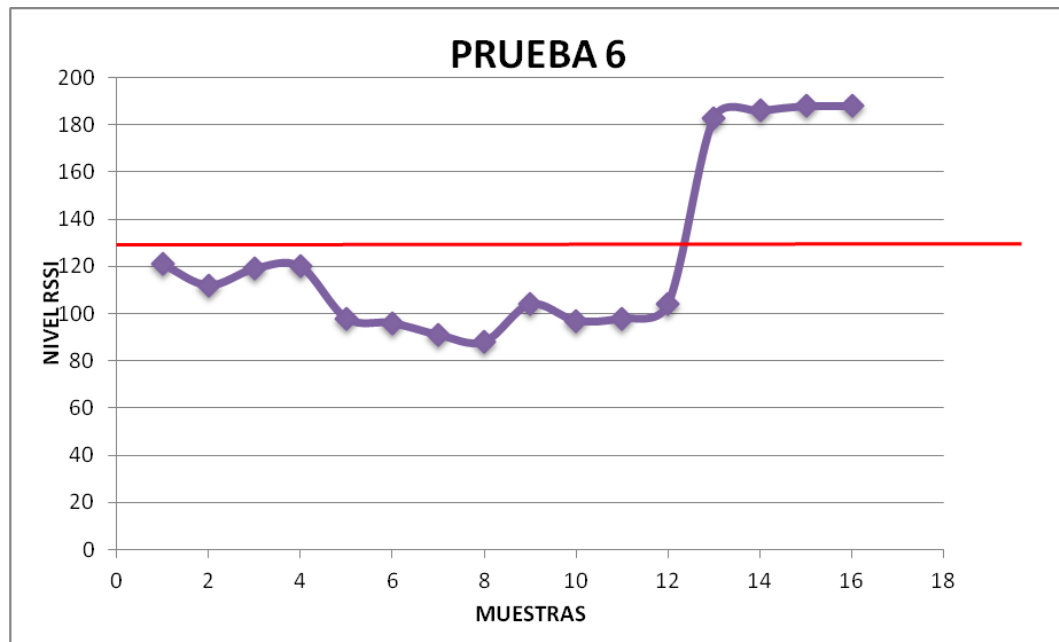


– PRUEBA 5:



Esta prueba se realizó en un escenario diferente. Instalé la antena en una habitación en mi casa y la prueba consistía en entrar y salir de la misma. Los resultados como se ven son mejores.

– PRUEBA 6:



Esta prueba también se realizó en mi casa y es parecida a la anterior.

Conclusiones obtenidas de estas Pruebas

Las gráficas se ven mejor cuanto mayor es el número de muestras que tomamos.

Se aprecia mucha diferencia entre las 4 primeras gráficas y las otras dos. En las dos últimas la calidad de la señal es mejor y el nivel de RSSI llega a valores más altos. Esto puede ser debido a que en la oficina hay WIFI y en mi casa no. Como ambas trabajan en la misma banda frecuencial esto puede causar algo más de interferencia a la señal, aunque tendríamos que ver cuál es el canal que utiliza el WIFI y si es cercano al de nuestro sistema.

La conclusión más importante que obtenemos es que, al realizar las pruebas con **una sola antena** nos encontramos con el siguiente **problema**: el nivel de potencia que nos llega desde la pulsera desciende considerablemente si no hay visión directa entre el lector y la pulsera.

Esto nos lleva a no poder distinguir en algunos casos si es que la potencia ha bajado porque el sujeto se encuentra fuera de la sala o si es que hay obstáculos interponiéndose entre la pulsera y la antena.

Para **solucionar** este problema deberíamos tener al menos una antena más (lo mejor sería tener 3 antenas en total para eliminar las lecturas erróneas) en la zona contigua para que mediante una comparación de niveles de potencia recibidos seamos capaces de discernir si el sujeto se encuentra en un sitio o en otro.

5 CONCLUSIONES Y LINEAS DE FUTURO

1. Un aspecto importante a la hora de implementar este proyecto, es la realización, antes de la puesta en marcha del sistema, de un **estudio de coexistencia** del mismo con otras tecnologías inalámbricas. Debemos garantizar que nuestra solución es suficientemente robusta en todos los casos y que no va a sufrir interferencias de otros sistemas vecinos, como WIFI que trabaja en la misma banda frecuencial.

2. Hemos puesto en el proyecto que hay una **cámara** en la entrada del centro para controlar que no hay ningún problema y con el objetivo de aumentar la seguridad.

Somos conscientes de que para poder instalarlas se necesitaría el permiso por escrito de todos los tutores de los niños y que tendríamos que cumplir la ley de protección de datos.

Aun así hemos decidido incluirlo porque según el uso final que se dé a esta herramienta puede ser un punto a tener en cuenta.

3. Una posible **implementación** de la aplicación sería utilizar **MySQL** para realizar las bases de datos en vez de Access. En especial sería muy útil si las bases de datos empezaran a ser considerablemente grandes, ya que en ese caso Access consume más tiempo de procesamiento.

4. Quedan abiertas varias líneas para mejorar este sistema en un futuro, como por ejemplo realizar **aplicaciones para móviles y tablets**.

Ya se ha diseñado la aplicación con esa intención y por eso hemos diferenciado tres áreas de actividad: Dirección, Profesores y Padres.

Los usuarios que estén dados de alta en el sistema acceden a su área correspondiente y pueden acceder a aquellas partes para las que tengan permisos.

5. El sistema de alarmas podría implementarse hasta conseguir que cuando suceda alguna incidencia se **envíe un mensaje** a la persona encargada mediante un ‘busca’ o una llamada a través de la centralita del centro o bien un mensaje de texto. Aumentaría el tiempo de respuesta ante una emergencia.

6. **La solución** que se ha planteado en este documento corresponde a las necesidades de un centro de educación infantil, pero podrían realizarse proyectos similares en otro tipo de recintos como hospitales, residencias de ancianos, ludotecas, centros comerciales, etc.

Por ejemplo sería muy útil en los servicios de guardería que ofrecen algunas tiendas como IKEA o el CC ALCAMPO y supondría realizar pocas modificaciones respecto a la herramienta original.